



INFORME TÉCNICO

Código: F-GAA-SIATA-137

Versión: 01

Fecha: 2024-06-21

Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá

Proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contrato 016 de 2024

Medellín, 5 de julio de 2024

Asunto: Solicitud de apoyo emergencia Venecia, Antioquia

Contexto de la solicitud

El día 25 de junio, entre las 21:30 y las 23:00 horas, se registraron una serie de movimientos en masa alrededor del municipio de Venecia, Antioquia, específicamente sobre las laderas del Cerro Bravo, aparentemente denotados por condiciones de precipitación, según los reportes preliminares publicados en medios de comunicación. Algunos de estos movimientos afectaron las quebradas La Galápagos, La Sucia y principalmente la quebrada La Tigra, aportando sedimentos a sus cauces y desencadenando una serie de avenidas torrenciales. La quebrada La Tigra atraviesa el casco urbano del municipio, y generó afectaciones tanto en infraestructura como en los habitantes del municipio, especialmente en los residentes de la vereda El Rincón.

Ante esta situación, personal del proyecto SIATA, mediante una activación de apoyo por parte de la Gobernación de Antioquia al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se presentó en el lugar desde el sábado 29 de junio, con el fin evaluar las condiciones del lugar desde una perspectiva hidrológica y geotécnica, estableciendo un esquema de monitoreo para el seguimiento de la zona mayormente afectada. A continuación, se describen las condiciones específicas del sitio y las condiciones para las cuales se establece un esquema de monitoreo para realizar seguimiento a la zona afectada.

Condiciones de precipitación a partir de información del Radar Meteorológico del AMVA

A partir de la información del radar meteorológico ubicado en Santa Elena, el cual tiene una cobertura de 120 km a la redonda, es posible establecer las condiciones de precipitación en los días previos a la ocurrencia de la emergencia. En la Figura 1 se muestran los mapas de acumulados de precipitación en los días previos a la

Teléfono: (604) 403 88 70 | **Correo:** contacto@siata.gov.co

Torre SIATA: Calle 50 # 71-147 | **Sede Investigación y Desarrollo:** Cra. 48a # 10 Sur -123, Medellín - Colombia

 @areametropol @siatamedellin | www.metropol.gov.co www.siat.gov.co

ocurrencia del evento el 25 de junio, así como el acumulado total, estimado con la información del radar. En el recuadro blanco se delimita el municipio de Venecia (estrella) y su región vecina.

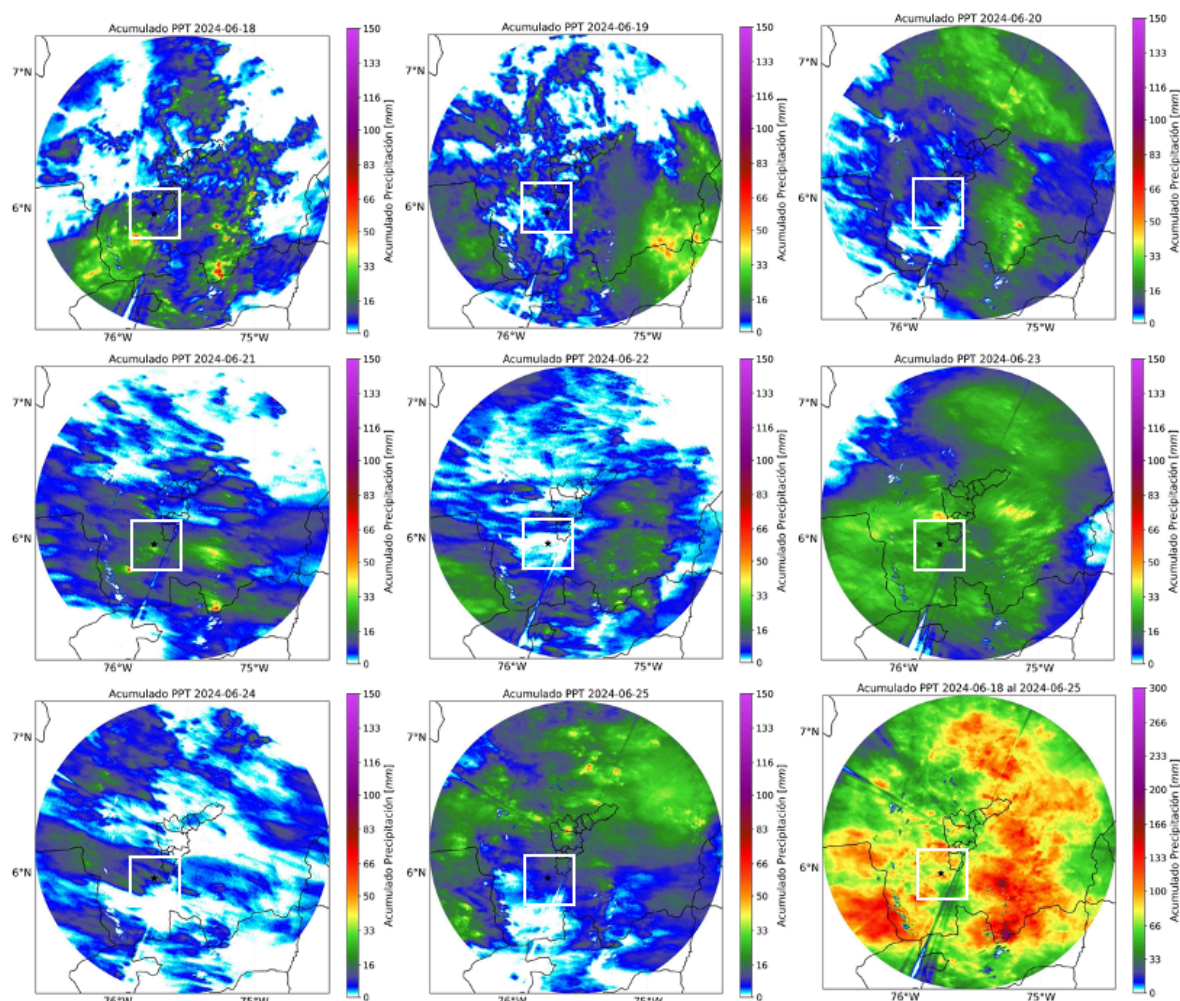


Figura 1. Acumulados diarios de precipitación entre el 18 y 25 de junio estimados a partir de información del radar meteorológico del AMVA. La estrella en el recuadro blanco marca la localización del municipio de Venecia. La última figura corresponde al acumulado total de lluvia durante los días mencionados.

Se observa en general que los días previos al 25 de junio se presentaron acumulados de precipitación entre leves y moderados, pero de manera consecutiva, resaltando los acumulados en los días 21 y 23 de junio. En el último panel se muestra el acumulado de precipitación total durante estos días, en el cual se observa que en particular la

región del Cerro Bravo en específico si fue la más afectada por los altos acumulados de precipitación, los cuales fueron superiores a 120 mm.

El evento puntual del 25 de junio inició alrededor de las 19:00 horas con las mayores intensidades entre las 19:00 y 20:00 horas, y entre las 21:00 y 22:00 horas, con valores máximos de 30 mm/h y 98 mm/h respectivamente. El evento se extendió hasta las primeras horas de la madrugada del miércoles 26 de junio, con una duración total aproximada de 11 horas.

En la Figura 2 se observa en detalle el municipio de Venecia junto con el mapa de acumulado de precipitación del radar para el día del evento. Se aprecia que los mayores acumulados se registran hacia el suroriente del municipio, coincidiendo con la zona de Cerro Bravo, donde se presentaron los movimientos en masa, con acumulados que superaron los 70 mm.

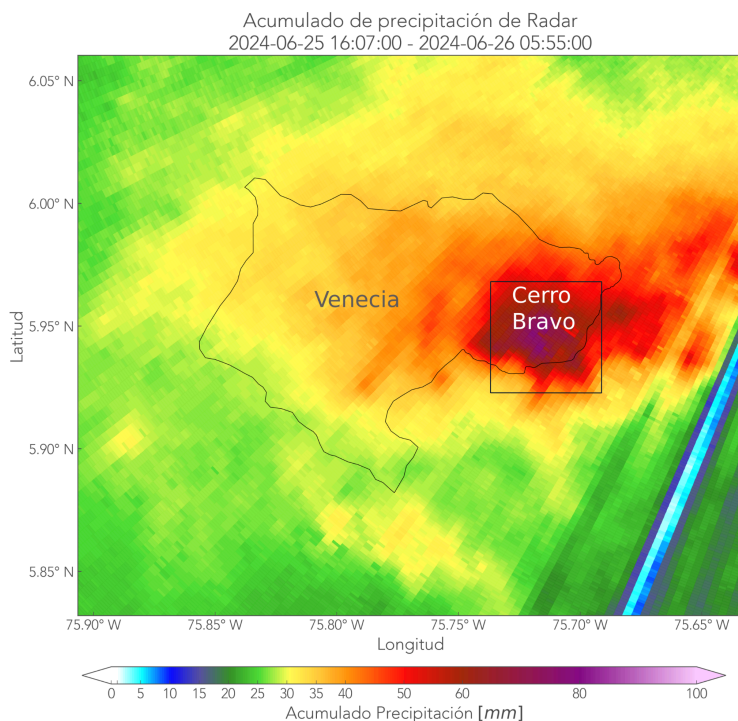


Figura 2. Mapa de precipitación acumulada de radar meteorológico para el 25 de junio de 2024 sobre el municipio de Venecia.

En la Figura 3 se presenta la serie de precipitación del radar para un área de 10 x 10 km, centrada en Cerro Bravo, lugar donde se concentraron los mayores acumulados, demarcada con el recuadro de color negro, entre las 16:00

del 25 de junio y las 06:00 del 26 de junio. Se observa entonces que la mayor intensidad del evento ocurrió alrededor de las 21:00 horas tal y como lo señalaron los habitantes del municipio. Así mismo, se presenta el valor acumulado de precipitación cercano a los 35 mm, el cual puede ser considerado un acumulado de precipitación moderado, pero con altas intensidades.

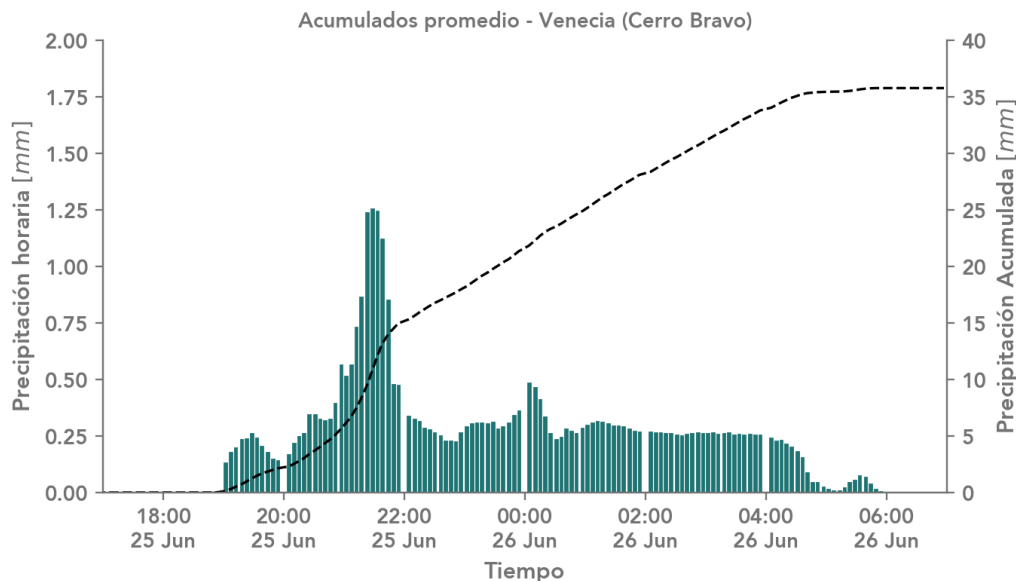
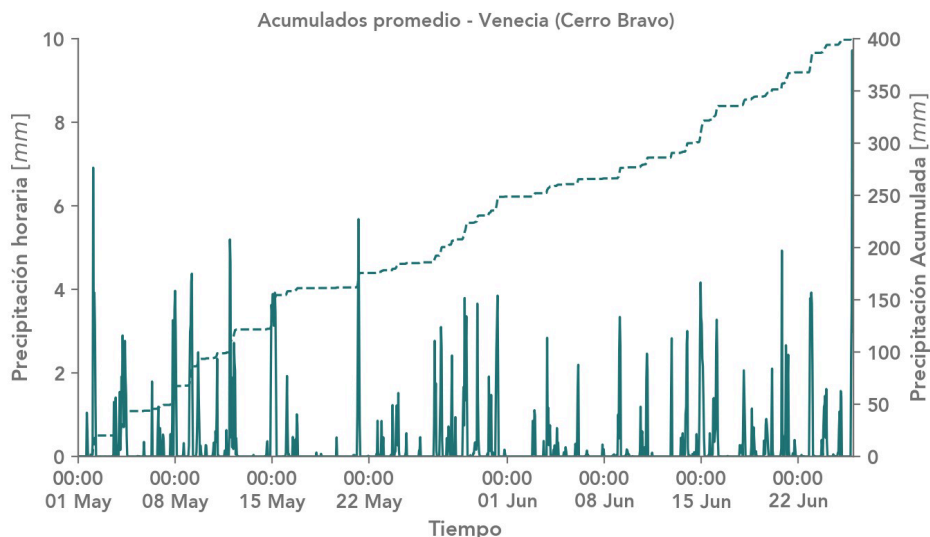


Figura 3. Serie de tiempo de la lluvia de radar para el punto donde se registraron los mayores acumulados durante el evento - Zona de Cerro Bravo.

Adicionalmente, se realizó una revisión de las condiciones de precipitación antecedentes en la zona, tomando una ventana de tiempo más amplia, desde inicios de mayo, época en la que se ha visto un aumento en las lluvias en la región andina colombiana, asociada a la primera temporada de lluvias. Es así, como en la Figura 4 se muestra la serie de tiempo de precipitación horaria desde el 1 de mayo hasta el 25 de junio promediada en un recuadro de 10 km de lado con centro en Cerro Bravo. Comparando los acumulados de lluvia durante este intervalo de tiempo con registros históricos de otros años (estimados a partir de información del radar), se puede concluir que los acumulados durante mayo-junio de 2024 no se alejan significativamente de los valores promedio de años anteriores.



En resumen, de acuerdo con las condiciones de precipitación locales, se evidencia que los acumulados de precipitación durante la semana fueron entre moderados y altos y aumentaron significativamente el día del evento, con zonas de mayor precipitación alrededor de Cerro Bravo.

Condiciones geológicas

Según la Plancha 166 del Servicio Geológico Colombiano, las unidades geológicas presentes en el área de estudio corresponden a rocas volcano-sedimentarias de la Formación Combia y secuencias sedimentarias de la formación Amagá. Durante el recorrido de campo, se observaron afloramientos de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias en el Cerro Bravo y en zonas de alta pendiente en la cabecera de la cuenca de la quebrada La Tigra. En estas zonas de alta pendiente se observaron también conos de detritos y depósitos de vertiente.

En las zonas de baja y moderada pendiente del fondo del valle de la cuenca de la quebrada La Tigra (vereda El Rincón), se observó la predominancia de depósitos aluvio torrenciales asociados a la quebrada y sus corrientes tributarias. En las laderas de mediana y baja pendiente, en los alrededores de la cabecera municipal y de la vía vehicular Camilo C - Venecia, se observan depósitos aluvio torrenciales y colinas suavizadas de suelo residual, posiblemente asociado a la meteorización de la secuencia sedimentaria de la formación Amagá.

Condiciones hidrológicas

En el Cerro Bravo tienen su nacimiento un total de 10 quebradas importantes de la región del suroeste, las cuales se consolidan como la unión de cientos de arroyos y cauces de menor tamaño. Tres de esas quebradas discurren hacia el municipio de Venecia; La Tigra, Galapago y El Taparo. Estas quebradas fluyen en dirección noroeste para descargar finalmente en la quebrada Sinifaná. Debido a las afectaciones generadas en el evento de creciente del 25 de junio, la visita técnica y la estrategia de monitoreo estuvieron concentradas en la cuenca de la quebrada La Tigra.

La quebrada La Tigra tiene un área de 4.11 km² considerando como punto de salida la cabecera urbana del municipio de Venecia, con pendiente promedio de 16.9% y una longitud de cauce de 3.96 km. Su nacimiento se ubica a una altitud de 2039 m.s.n.m aproximadamente, descendiendo hasta 1539 m.s.n.m, para un desnivel de 500 m hasta la cabecera municipal.

Uno de los puntos críticos identificados en la visita es el puente Santa Ana, en el cual se encuentra una estructura de cruce vial compuesta por dos cavidades de 1.4 m de longitud cada una. De acuerdo a las evidencias se observa que dicha estructura presenta insuficiencia hidráulica en el evento de creciente, ocasionando que con la avenida torrencial se acumularan sedimentos, rocas y material vegetal. De hecho, en este punto se evidencia la expansión del flujo hacia los laterales del puente, generando un cono de inundación que se expande por cerca de 200 mmetros, en especial hacia la margen izquierda de la quebrada, ver Figura 4.

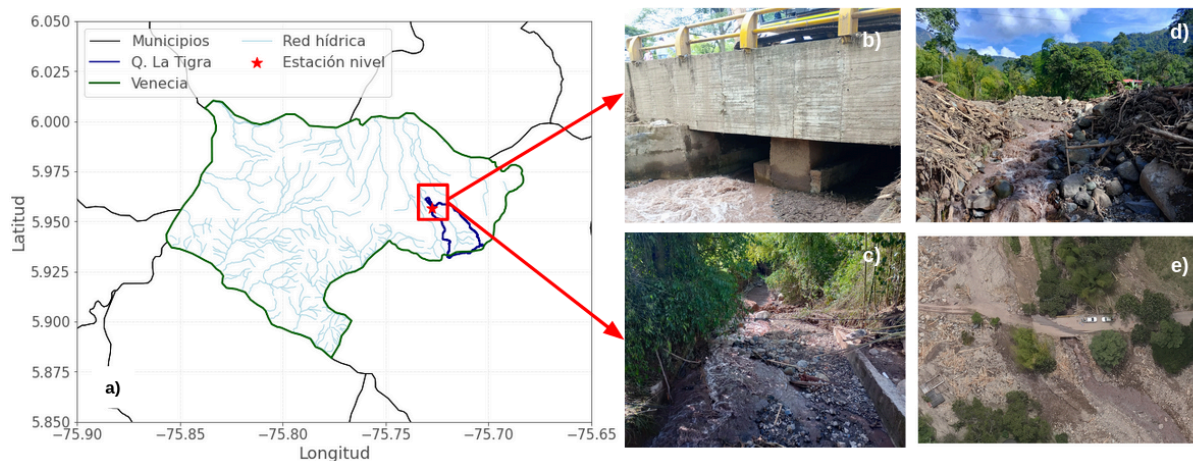


Figura 4. Localización cuenca de la quebrada La Tigra. a) mapa de localización, b) puente Santa Ana, c) visual aguas abajo del puente Santa Ana, d) visual aguas arriba del puente Santa Ana y e) visual en planta del puente Santa Ana.

Descripción del evento principal

Los movimientos en masa fueron caracterizados como flujos de lodos y/o escombros de variadas dimensiones, los mayores de estos alcanzaron áreas de hasta 35000 m². Como se muestra en la Figura 5a, estos se presentaron en mayor medida en las laderas norte y occidental del Cerro Bravo. El material movilizado, con sedimentos finos y bloques con diámetros superiores a 2 m, se desplazó a lo largo de las vaguadas y canales de las corrientes tributarias surorientales de la quebrada La Tigra. Esta mezcla de agua y sedimentos generó procesos de erosión en los depósitos existentes, aumentando la carga sedimentaria de las avenidas torrenciales. Estos procesos erosivos se presentaron también en las crecientes de las corrientes tributarias de la ladera suroccidental de la cuenca (ver Figura 5b), la cual tiene menor longitud y pocos movimientos en masa en comparación con la ladera del Cerro Bravo.

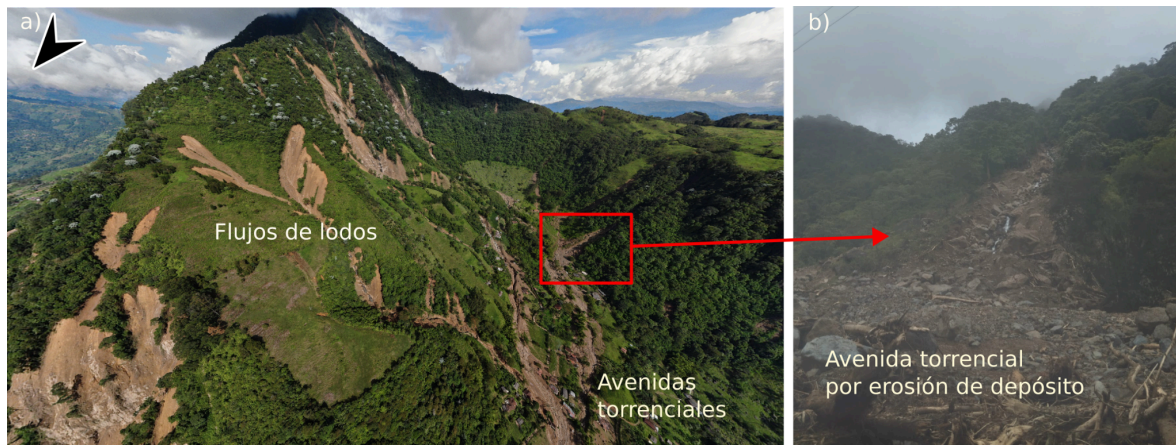


Figura 5. a) Movimientos en masa en el Cerro Bravo y avenidas torrenciales en la vereda El Rincón. b) Avenida torrencial y erosión de depósito de vertiente.

Estos movimientos en masa y los procesos erosivos asociados a las crecientes de corrientes tributarias generaron múltiples avenidas torrenciales, las cuales confluyeron en el fondo del valle de la cuenca de la quebrada La Tigra, sector vereda El Rincón (ver Figura 6). En esta zona, los diferentes flujos torrenciales impactaron edificaciones residenciales y de recreo, resultando en el colapso total y parcial de al menos 20 edificaciones, vías y puentes vehiculares; además, algunas corrientes cambiaron significativamente su cauce, inundando zonas residenciales o destinadas a actividades agrícolas.



Figura 6. Fotografía de dron en la zona de confluencia de las avenidas torrenciales en la vereda El Rincón.

Aguas abajo, en la parte media de la cuenca, los flujos torrenciales se encauzaron en el canal de la quebrada La Tigra. En esta zona se presentaron procesos de erosión de orillas y deslizamientos en los márgenes de la quebrada, algunos de los cuales continúan activos y podrían evolucionar a obstrucciones y taponamientos del canal.

En la parte baja de la cuenca, a la altura de la vía Camilo C - Venecia en el puente Santa Ana (ubicación del sensor de nivel), se presentó el abanico de la avenida torrencial (ver Figura 7). Allí se desbordó el flujo torrencial de la quebrada La Tigra, depositando gran cantidad sedimentaria en edificaciones residenciales y en la vía vehicular de acceso al municipio. Este desbordamiento distribuyó agua y sedimentos en el depósito torrencial y a la quebrada La Galápago, la cual aguas abajo, generó procesos de erosión de orillas y desbordamientos en la parte suroriental de la cabecera municipal de Venecia. Estos procesos resultaron en el colapso total y parcial de edificaciones residenciales.



Figura 7. Fotografía de dron de la zona de abanico torrencial y desbordamiento de la quebrada La Tigra a la altura del puente Santa Ana.

Hallazgos adicionales

Además de las afectaciones que se detonaron debido a la emergencia principal, se presentaron otros movimientos en masa y avenidas torrenciales en los municipios de Venecia y Fredonia, especialmente en las laderas norte y orientales del Cerro Bravo. La Cuenca vecina a La Tigra, conocida como La Sucia o Santa Bárbara, presentó flujos de lodos y avenidas torrenciales en la parte alta cercana al Cerro Bravo.

En sobrevuelos con dron y recorridos de campo se evidenciaron múltiples deslizamientos y agrietamientos en el terreno sobre estas zonas aledañas. A continuación, se muestra la ortofotografía de dron de uno de uno de estos deslizamientos en el sector La Amelia, ubicada en la parte baja de la cuenca de la quebrada La Galapago, con coordenadas 5.954591, -75.727792. En esta zona, los agrietamientos del terreno afectan una edificación residencial y la vía vehicular de acceso a otra edificación.



Figura 8. Deslizamiento y agrietamientos evidenciados en ortofotografía de drones en el sector La Amelia.

Propuesta de esquema de monitoreo

En total se conformaron 3 estaciones de monitoreo alrededor de la quebrada La Tigra, y zona principalmente afectada. La propuesta incluye mediciones de la precipitación, mediciones del nivel de la quebrada a la altura del puente Santa Ana y vigilancia del área de mayor afectación por movimientos en masa. En la Figura 9 se muestra la localización de cada una de las estaciones y en la Figura 10 se muestra la visual de la cámara que servirá para la vigilancia de los movimientos en masa, tanto para la zona de la cuenca La Tigra, como para la zona del sector La Amalia. Los detalles en cuanto a tipo y cantidad de sensores, se listan a continuación:

- Estación para monitoreo de lluvia: 2 Pluviómetros.
- Estación para monitoreo de nivel en la quebrada La Tigra: 1 sensor de nivel.
- Estación para monitoreo de movimientos en masa: 1 cámara visible orientada al Cerro Bravo.

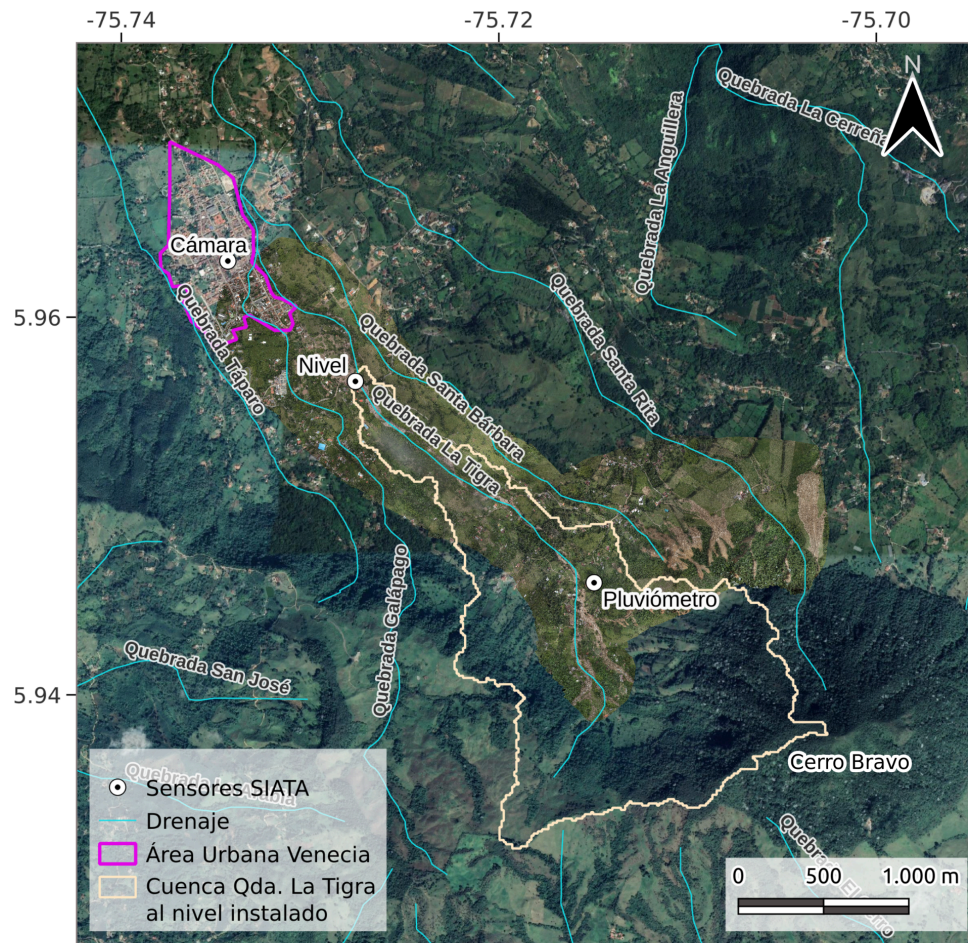


Figura 9. Fotografía de dron de la zona de abanico torrencial y desbordamiento de la quebrada La Tigra a la altura del puente Santa Ana.



Figura 10. Visual de cámara de monitoreo para la vigilancia de movimientos en masa.

Aspectos logísticos y operativos para el apoyo de la emergencia

A continuación, se precisan algunos de los detalles logísticos y operativos que fueron necesarios para brindar apoyo a la emergencia.

Personal

El personal que se desplazó a la zona de la emergencia estuvo conformado por:

- 2 pilotos drones
- 3 técnicos de mantenimiento e instalaciones
- 2 técnicos de geotecnia
- 1 técnico de hidrología
- 1 fotógrafo
- 3 conductores

Sensores

- 2 pluviómetros
- 1 sensor de nivel
- 1 cámara visible
- Elementos electrónicos y estructurales para la instalación de los sensores.

Evento del 30 de Junio

Durante la visita del personal de SIATA, en la noche del 30 de junio se presentó un evento de precipitación en el Cerro Bravo y gran parte del municipio de Venecia. De acuerdo a la información del radar meteorológico las precipitaciones se presentaron entre las 18:00 y 21:00 aproximadamente, con una acumulado total de 17.5 mm y con mayor intensificación alrededor de las 19:20, ver Figura 11.

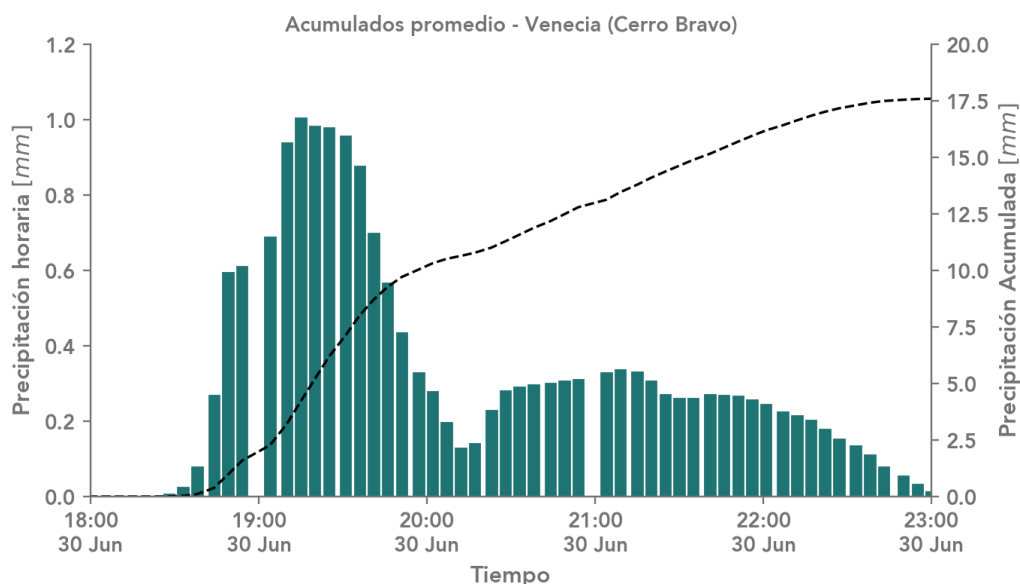


Figura 11. Registros de precipitación en evento del 30 de junio de 2024.

Para el momento del evento el sensor de monitoreo de nivel ya se encontraba operativo y alcanzó a registrar parte del evento de creciente, sin embargo alrededor de las 19:30 se perdió comunicación con el sensor. En la figura 12a se observa la serie de tiempo con el nivel registrado por la quebrada La Tigra hasta el momento que se perdió la comunicación. Como resultado del evento se presentó arrastre de material dispuesto en las cercanías al cauce de la quebrada y ocasionó un nuevo taponamiento del puente, incluyendo la ruptura del cable eléctrico del sensor, razón por la cual se interrumpió la captura de datos.

Para el momento que dejó de comunicar la estación, el sensor registraba cerca de 0.79 m de profundidad en la quebrada, correspondiente a nivel de riesgo naranja. De acuerdo a las consideraciones que se habían realizado ese mismo día en compañía de la UMGRD del municipio se había definido que en ese momento la quebrada estaría entrando en la capacidad máxima de la estructura hidráulica, esta condición estaría asociada a acumulación de

agua y material sólido en el lado de arriba del puente, aumentando la probabilidad de desborde por encima del puente, lo que finalmente ocurrió.

En la Figura 12b se presenta la sección transversal de una de las bóvedas del puente, indicando la altura aproximada en la cual se definieron los niveles de riesgo naranja y rojo, como medida de la ocupación de agua en la estructura y su relación con la posibilidad de desborde. Por su parte en la Figura 12c) se presenta la condición de desborde en el puente Santa Ana, producto de la creciente generada en este evento.

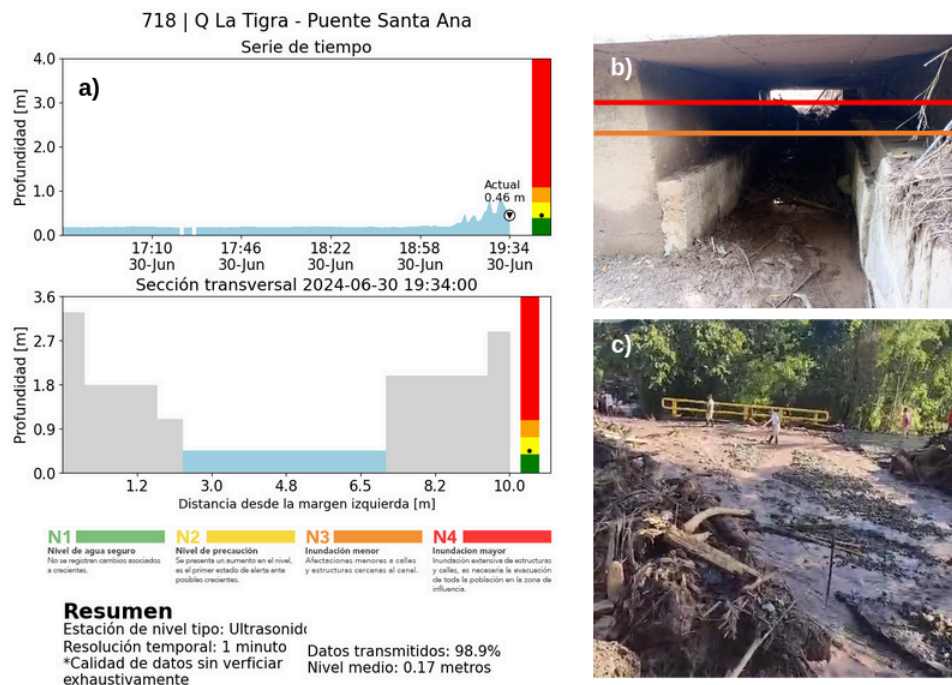


Figura 12. Evento de creciente del 30 de junio de 2024. a) serie de nivel, b) sección transversal de las bóvedas del puente y c) acumulación de sedimentos y desborde en el puente Santa Ana.

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con la información recopilada durante los recorridos de campo, y evidenciada mediante sobrevuelos con dron, desde el proyecto SIATA se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- Se considera necesario iniciar un proceso social por parte de los entes encargados, con las comunidades afectadas, donde además se socialice el esquema de monitoreo instalado por el proyecto SIATA alrededor

de la quebrada La Tigra. Además, de compartir la información con los organismos de emergencia y socorro. Adicionalmente, se deberán plantear estrategias de respuesta como alertas tempranas, evacuaciones planificadas y concientización del riesgo en la población.

- Además de la zona donde se presentó la emergencia principal, se evidenciaron otros movimientos en masa con afectaciones puntuales en diferentes veredas del municipio de Venecia. Se recomienda una evaluación particular por parte de las entidades encargadas de estos escenarios de riesgo con el fin de priorizar medidas de mitigación o seguimiento del riesgo, especialmente en la cuenca aledaña a La Tigra, conocida como La Sucia o Santa Bárbara.
- En las zonas con agrietamientos y abultamientos se recomienda comenzar estudios geológicos-geotécnicos detallados para caracterizar los procesos de inestabilidad y plantear las medidas de estabilización. Esto teniendo en cuenta que algunos de estos procesos están asociadas al mal estado de la vía Camilo C - Venecia, y a afectaciones de infraestructura pública y privada en el municipio.
- Debido a la escala y cantidad de los movimientos en masa que derivaron en el Cerro Bravo, desde el proyecto SIATA se instaló una cámara de monitoreo con una visual que permite identificar nuevos flujos y evaluar la evolución de estos procesos morfodinámicos.
- Considerando que los flujos que ocasionaron la emergencia de la quebrada La Tigra, son de carácter regional y pueden afectar a cuencas hidrográficas vecinas, se recomienda considerar a las cuencas de las quebradas Galápagos y La Taparo para monitoreos futuros, tanto para el seguimiento geológico como hidrológico.

Este informe fue preparado por los equipos de Geotecnia, Hidrología y Meteorología del proyecto SIATA.

Cualquier inquietud será resuelta con gusto.

Juliana Alvarez Z.

Juliana Alvarez Zapata
jalvarezz@eafit.edu.co
Líder equipo de Geotecnia
Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá

VoBo



Lina I. Ceballos B.

lina.ceballos@siata.gov.co

Coordinadora Técnica Geociencias

Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Elaboró:	Alejandro Ospina U. ⁽¹⁾ Juliana Alvarez Z. ⁽²⁾ Esneider Zapata A ⁽³⁾ Julián Sepúlveda B ⁽⁴⁾	Revisó:	Juliana Alvarez Z.	Aprobó :	Lina I. Ceballos B.
Cargo:	1 Analista de Geotecnia 2 Líder de Geotecnia 3 Líder de Hidrología 4 Líder de Meteorología	Cargo:	Líder de Geotecnia	Cargo:	Coordinadora Técnica Geociencias
Fecha:	02-07-2024	Fecha:	03-07-2024	Fecha:	05-07-2024